

أثر طرائق التشكيل على عملية تلييد المواد الخزفية

هديل سلمان سعيد¹

مجلة الأكاديمي-العدد 99-السنة 2021 ISSN(Online) 2523-2029, ISSN(Print) 1819-5229
تاريخ استلام البحث 2020/10/13, تاريخ قبول النشر 2020/11/25, تاريخ النشر 2021/3/15



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ملخص البحث

يهتم البحث بدراسة طرائق التشكيل وأثرها على عملية تلييد المواد السيراميكية، ويقسم البحث الى عدة فصول، تناول الفصل الاول هيكلية البحث (مشكلة البحث واهميته وهدف البحث وحدوده، كما تناول تحديد المصطلحات الواردة في البحث)، أما الفصل الثاني فقد تناول الاطار النظري وقسم الاطار النظري الى ثلاث مباحث، تناول المبحث الاول اطرائق تشكيل المواد السيراميكية ومنها: 1- الطريقة اللدنة 2- طريقة الكبس شبه الجاف 3- طريقة الكبس الجاف 4- طريقة البثق 5- طريقة الصب، وقد وجدت الباحثة ان هناك اختلافا واضحا بين هذه الطرائق من خلال صياغتها لجداول وكما هو مبين في متن البحث، اما المبحث الثاني فقد تناول دراسة المواد الاولية السيراميكية وقد صنفتها الباحثة الى: 1- المواد الاولية اللدنة 2- المواد الاولية غير اللدنة، فيما تناولت الباحثة في المبحث الثالث انواع التلييد وتقسيماته: اولاً: التلييد في الحالة الصلبة ومراحله. ثانياً: التلييد بوجود سائل فعال. ثالثاً: التلييد بالضغط والكبس الحار. وجاء الفصل الثالث باجراءات البحث التي تناولت 1- تهيئة المواد الاولية. 2- فحوص المواد الاولية التي تمت من خلال أ) التحليل الكيميائي ب) التركيب المعدني ج) فحص المجهر الحراري. 3- تحضير الخلطات حيث وضعت فرضيات اربعة وكل فرضية تناولت فيما ماذا يستنتج عن خلط المواد (السليكا، الكروك، كاربونات الصوديوم، والكافولين تحت درجات حرارة وضغط مختلفة). 4- اعداد النماذج المختبرية وفيها تناولت الباحثة 1) خلط المواد 2) تشكيل النماذج المختبرية 3) عملية التجفيف 4) عملية الحرق. 5- تحديد الخواص العامة للنماذج، وقد جرت الباحثة بعض التجارب لتحديد خواص النماذج بعد عملية الحرق وفق مايلي: أ) حساب التقلص الطولي ب) امتصاص الماء ج) المساحة الظاهرية، اما الفصل الرابع فقد تناول نتائج البحث ومناقشتها، وتوصلت الباحثة الى النتائج من خلال اجراء الفحوصات المختبرية للعينات وضمن الجداول (4،5) المثبتة في البحث، وجاءت التوصيات والمقترحات التي وضعتها الباحثة لإكمال السياق العلمي للبحث: 1- عدم البدء بالبحث قبل وجود فرن 2- عمل فحوصات قبل الحرق بواسطة المجهر الحراري 3- الحرق بمعدل زمني بطئ حتى لاتحدث تشوهات.

¹ الجامعة التقنية الوسطى / معهد الفنون التطبيقية، hadeelsssss@yahoo.com

مشكلة البحث: يعد فن السيراميك من الفنون الشاملة والمتغلغلة في كل مفاصل الحياة، ونظراً لتقدم العلوم والتكنولوجيا فقد ازدادت أهمية صناعة السيراميك وتبعاً لاستخداماتها الشائعة (الفنية منها والصناعية) ولسهولة تصنيفها ورخص كلفتها وجودة خواصها فقد أصبحت هذه الصناعة تدخل في مختلف احتياجات الانسان كصناعة الطابوق العادي والخفيف والعوازل الحرارية وانايب صرف المياه والبلاط وصناعة الزجاج والعوازل الكهربائية وغير ذلك من الصناعات الفخارية، ولأن المنتجات الفخارية تشكل ما يقارب 70% من المواد الهندسية (Engineering Material) كالعوازل البورسيلينية وشمعات القدح وعلى الرغم من ان هذه المواد تحمل صفات متنوعة وكثيرة وحسب مجال استخدامها وتتمتع بثباتيتها تحت درجات الحرارة المختلفة الا ان مقاومتها تتأثر بالصدمات الحرارية (thermal shock) والتي تحددها مسامية القطعة السيراميكية وهنا تضع الباحثة تساؤلاً يتمحور حول هل ان لطرائق التشكيل اثر على عملية تلييد الاشكال السيراميكية؟. أهمية البحث: يعد البحث الحالي دراسة جديدة في مجال الخزف وهو سابقة علمية لطلاب الخزف ومكتبة كلية الفنون الجميلة والمعاهد الفنية والمهتمين بهذا الفن ولم تجد الباحثة دراسات سابقة. اهداف البحث: يهدف البحث الحالي في الكشف عن احدى طرائق التشكيل على عملية تلييد المواد السيراميكية وهي طريقة الكبس شبه الجاف (Semidrypressing) والمتضمنة مواد اولية مختلفة وبنسب متغايرة تحت تأثير متغيرين لدرجات الحرارة وهي 1900 م° و 1050 م° وتحت درجة ضغط 250 Kg/cm². حدود البحث: تقتصر حدود البحث الحالي على استخدام طينة الكاؤولين kaolin مع الاضافات الاخرى التي تضم السليكا Silica والكروك Grog وكاربونات الصوديوم Sedum Carbonate ويدرجتى حرق هما 900 م° و 1050 م°، كما اقتصر البحث على استخدام طريقة الكبس شبه الجاف Semidry Pressing في تشكيل النماذج المخبرية. تحديد المصطلحات: التشكيل: نعني به ترتيب الاجزاء اي جمع جزئين او اكثر مع بعضهما لكي يصنعوا نسقاً مرئياً هو التعبير، والتشكيل كلمة مشتقة من الشكل وبما ان الشكل يعني الهيئة اذاً " التشكيل هو ترتيب اجزاء تلك الهيئة " (Reid.h, 1968، صفحة 51)، ولايتضمن التشكيل معنى الانتظام او التوازن او اي نوع من التوازن الثابت، فهو ليس سوى استقلال مميزات المادة التي يصنع منها والتشكيل يمكن عده انه التركيب، اي انه تركيباً لمجموعة عناصر (Reid.h, 1968، صفحة 57) وهو التعبير عن ارادة فردية بمعنى اخر يكون انعكاساً لشخصية الفنان. التلييد: هو " التفاعل بين الدقائق الصلبة المفردة للعنصر والذي يؤدي الى زيادة القوة والكثافة، ويقلل المسامية ويصغر المنتوج قليلاً عن طريق التسخين الى درجة حرارية اقل من نقطة الانصهار، ولهذه العملية أهمية كبيرة في صنع المواد السيراميكية" (pooper, p. 59, 1960, الكاؤولين: هو اسم لمنتوج صناعي (مختبري) يحتوي على كمية عالية من الكاؤولينايت بنسبة 94% وهو طين ابتدائي (primary clay) تكون بالقرب من صخور الفلدسبار

ذات حبيبات كبيرة نسبيا وغير منتظمة قليلة الدونة مقارنة بالاطيان الرسوبية وتعتبر انقى انواع الاطيان ويستخدم في الاجسام السيراميكية البيضاء وفي تركيب التزجيج وصيغة الكاؤولين النقي (charles, 1974, p. 74) $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$

المبحث الثاني/الاطار النظري : اولاً: طرائق التشكيل Forming process: تعتبرعملية التشكيل من العمليات المهمة في صناعة الاجسام السيراميكية لأنها تؤثر على خواص المواد المنتجة، وهناك طرائق متنوعة لتشكيل المواد السيراميكية اهمها: 1- الطريقة اللدنة Plasting Forming 2- طريقة الكبس شبه الجاف Semidry Pressing 3- طريقة الكبس الجاف Dry Pressing 4- طريقة البثق Extrusion. 5- طريقة الصب Casting، وتختلف هذه الطرق بعضها عن البعض الاخر بمقدار نسبة المادة الرابطة ومقدار الماء المضاف، والتقلص الخطي الجاف وكذلك نوعية الاجهزة المستخدمة ومقدار التفاوت في ابعاد المواد المنتجة وكما موضح في الجدول رقم (1) (Hamid، 1977، صفحة 94) ومن خلال هذا الجدول يمكننا ان نلاحظ ان الطريقة اللدنة تتميز بنسبة كبيرة من المادة الرابطة عن باقي الطرق، فالطريقة اللدنة تحتاج الى رطوبة عالية تتراوح ما بين 12-16 % وهي تؤدي الى تقلص خطي لحدود 6-9 % ولذلك فان صناعة الطابوق الرطبة تحتاج الى تجفيف بطيء وهذا يجعل من الممكن استخدام (البائقات) في التشكيل الابتدائي للطابوق واعطاء الطابوقة شكلها النهائي فيتم باستخدام باثق خاص، او يتم يدويا باستخدام منضدة التشكيل الدوارة (e., 1940, pp. 40-41)، (Bales,1940,p.40-41). وتعد هذه الطريقة من ابسط الطرق واكثرها فاعلية الا انها لاتخلو من بعض التشوهات والتشققات في الشكل.

Forming Method طريقة التشكيل	Binder Clay النسبة المئوية للمادة الرابطة	Forming Moisture % النسبة المئوية للرطوبة عند التشكيل	Liner Drying Shrinkage % النسبة المئوية للتقلص الخطي	Dimensional Tolerance of end products نوع التفاوت في ابعاد المنتجات	Equipment الاجهزة المطلوبة
Plasting Forming اللدنة	35 – 50	12 – 16	6 – 9	Fair معتدل	Extruder hand molding التشكيل بالرص اليدوي
Semidry pressing الكبس شبه الجاف	20 – 40	6 – 9	8 – 4	Good جيد	Hydraulic press الضاغطات الهيدروليكية
Dry pressing الكبس الجاف	5 – 15	4 – 6	0 – 1	Excellent ممتاز	Hydraulic press vibratos الضاغطات الهيدروليكية المذبذبات
Casting الصب	30 – 50	10 – 20	5 – 8	Fair – good معتدل الى جيد	Plaster molds القولب اللاصقة

جدول (1) الطرائق العامة لعملية التشكيل والمقارنات بينها

اما اذا أُريد انتاج طابوق ذي تفاوت بعدي جيد وخالي من التشوهات والتشققات فيتحقق ذلك باستخدام طريقة الكبس شبه الجاف Semidry Pressing وطريقة الكبس الجاف Dry Pressing، والطابوق المنتج بطريقة الكبس شبه الجاف يمتلك اتقاناً في الأبعاد افضل وله مسامية اقل من الطابوق المنتج بالطريقة اللدنة (A.I., 1942, p. 67) (وتستخدم طريقة الكبس شبه الجاف عندما تكون حبيبات المادة غير لدنة حيث يتعذر استخدام بقية الطرق وذلك لعدم التمكن من الحصول على اجسام متماسكة، كما تستخدم فيها نسب رطوبة منخفضة وذلك للحد من ظهور التشققات اثناء التجفيف والحرق (waya.b.e, 1964, p. 97) كما تمتاز هذه الطريقة بانخفاض نسبة المادة الرابطة اولا وحاجتها الى ضغط تشكيل اعلى من الطريقة اللدنة وطريقة التشكيل بالبلقث ثانياً (Felix, 1971, p. 105) اما طريقة الكبس الجاف تتم في مستوى منخفض من اللدونة، ولتحقيق تشكيل النموذج واعطائه قوة في حالته الرطبة، اصبح من الضروري اضافة كميات من مادة رابطة عضوية مثل اضافة 1% من مادة اللكنين lignin وهي من مخلفات طواحين الورق وهذه الطريقة غير لا تُعتمد بصورة كبيرة في الانتاج اذا كانت المواد الاولية غير متوفرة محلياً، اما طريقة التشكيل بالصب Casting فاستعمالها خاصة مثل صناعة جدران الانابيب الرقيقة والمغاسل فقط (John A.I. and F.H., 1942, p. 337). ثانياً: المواد الاولية للصناعات السيراميكية: تصنف المواد الاولية الى قسمين هما: 1- المواد الاولية اللدنة: تتواجد الاطيان في الطبيعة بهيئة احجار متصلبة او غير متصلبة تحتوي على واحد او اكثر من المعادن المختلفة كالسيليكات المائية للالمنيوم $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ الحديد، المغنسيوم وغيرها من الصخور والمعادن الاخرى، ويعرف الجيولوجيون الاطيان بأنها مواد تكونت من رسوبيات صخرية (ترسيب ميكانيكي) تكون اقطارها (4 مايكرون) (L., 1984, p. 92)، ويعد الطين المادة الاولية الاساسية في صناعة السيراميك وقد عرفه السيراميكويون على انه كل مادة دقيقة التحب ذات مظهر ترابي، وعندما تختلط بكمية من الماء فإنها تصبح مادة لدنة (Faidi, 1981, p. 3) وعندما يجف الطين يصبح صلباً ويتزجج مع احتفاظه بشكله ويكتسب القوة والمتانة بعد حرقه بدرجات حرارة عالية (Heary, 1969, p. 112)، والطين كتل رخوة او متماسكة ذات الوان تتراوح بين الابيض والقاتم ومنها ما يكون اسود وهي ذات ملمس دهني واضح وللطين المبتل رائحة قوية مميزة ويلتصق باللسان عند تذوقه (Al-Hadithi, 1987, p. 59) والطين في علم المعادن يعني صخور رسوبية حجمها اقل من 2 مايكرون ويعتمد نوع المنتج السيراميكي على نوع الطين الداخلى في تشكيله وعليه فإن الاطيان تصنف مثلاً في اطيان الطابوق Brick Clay، اطيان الادوات البيضاء White ware clay والاطيان الحرارية (L., 1984, p. 92)، وتحتوي الاطيان نسبة متباينة من المعادن التي تعطي الطين خواصه الفريدة وهذه المعادن بصورة عامة بلورية crystalline ولا بلورية amorphous ويمكن ان يتواجد النوعان في طين واحد، اذاً المواد الاولية نعني بها اي مادة طينية تعطي الخاصية البلاستيكية Plasticity او اللدنة عند خلطها بكمية كافية من الماء (Al-Shaibani, 1995, p. 26) 2- المواد الاولية غير اللدنة: تتضمن

هذه المواد معادن وصخور ومركبات كيميائية صناعية، لاتعطي خاصية اللدونة عند خلطها بالماء (Al-Shaibani, 1995, صفحة 26) والمواد غير اللدنة تغير كثيرا من خواص المواد السيراميكية في مراحل ما قبل الحرق وبعضها لا يحتاج الى مضاعفات لدنة، بل يكون وحده كامل الجسم الاساسي السيراميكي وبعضها يستعمل ليقبل من لدونة المواد الاساسية وقابليتها للتشقق، كما انها تحسن كثيرا من الخواص الاخرى، ومن المواد غير اللدنة الفلدسبار Feldspar باقسامه المختلفة، والكوارتز Quartz او الرمل Sand والمواد البركانية الغنية بالرمل وغيرها من الاكاسيد السيراميكية النقية (Al-Shaibani, 1995, صفحة 27) والجدول (2) يوضح المواد الاولية غير اللدنة المستخدمة في الصناعات السيراميكية (Paul .R, 1988, p. 116).

Non plastic raw materials	Example
Silica	1- quartz 2- Tridymite 3- cristobolite
Feldspathic minerals	1- Feldspar (potash, soda, lime) 2- Lithium feldspar (Spodumene, pearlite)
Alkaline earth minerals	1- Carbonates (calcite, magnetite, dolomite) 2- Silicates (Talc, wollastonite)
Miscellaneous minerals	1- Refractory fillers (silicate refractory, kyanite, alumina (bauxite, corundum) 2- Fluxes (boron phosphate, barium salphate)
Bon ash	

جدول (2) المواد الاولية غير اللدنة المستخدمة في صناعة السيراميك

السيليكا Silica : تعد السيليكا او ثاني اوكسيد السيليكون من اكثر المواد انتشارا في القشرة الارضية وتتكون السيليكا في الطبيعة على هيئة كوارتز Quartz والذي تكون بلوراته مخلوطة مع انواع اخرى من المعادن (Marzuq.A.A, 1964, صفحة 2) وهي من المواد المهمة في الصناعات السيراميكية للأسباب التالية:

- 1- تقليل نسبة التقلص لأنها تخفض اللدونة وبالتالي تمنع حدوث التشققات. 2- بما ان حبيبات السيليكا ذات شكل كروي او شبه كروي فهي تساعد على خروج الغازات المتحررة داخل المادة السيراميكية اثناء الحرق وبذلك يمكن تلافي حدوث التشققات الداخلية للجسم السيراميكي. 3- تفاعل المواد المصهورة الموجودة في المواد الاولية مثل القلوبات وبذلك يتكون الجزء الزجاجي الذي يكسب المادة السيراميكية الصلابة والخواص الميكانيكية الجيدة. مسحوق الطين المحروق Grog: هي اطيان مفخورة مقاومة

للانصهار ذات حبيبات مختلفة الاحجام دقيقة ناعمة او خشنة وتحولت الى مادة غير لدنة بفقدانها للماء الكيماوي، ماء التبلور ما بين (500-600 م) مما يؤدي الى تقلصها بسبب تقارب الاجزاء للتركيب البلوري (Faster, 1973, p. 134) وتحرق الاطيان بدرجة حرارة عالية وذلك تبعاً للغرض المقصود وبهذا فإن مسحوق الفخار نتيجة الحرق قد انكمش قبل استخدامه، ومن الضروري جداً حرق مسحوق الفخار ذو الحبيبات الخشنة بدرجة حرارة اعلى من درجة حرارة نضج الاجسام الفخارية المضاف اليها من اجل الحصول على تقلص طولي وحجمي اقل وذلك لثبات حجمه، اما مسحوق الفخار الناعم يمكن حرقه مقاربا لدرجة نضج الاجسام الفخارية (Hammer.F., 1975, p. 150)، ويستعمل مسحوق الفخار لتحسين خواص الاطيان عالية اللدونة وذلك بتخفيض درجة لدونها وتقليل نسبة الانكماش والتقلص وزيادة المقاومة الميكانيكية وقد تصل نسبة اضافته الى تركيب السيراميك الحجري Stoneware 30%، ويعم مسحوق الفخار على خلق ممرات بنائية في تركيبية الطين مما يؤدي الى سهولة وسرعة جفافه ويساعد على هروب الماء المتحد كيميائيا والمتحرر من جزيئات الطين وسهولة تطاير غازات المواد العضوية المحترقة، واضافة مسحوق الفخار Grog الى تركيبية الطين يحقق اغراضا عديدة منها ما يأتي:-

1- يكون هيكل بنائيا لمختلف طرق التشكيل. 2- يقلل نسبة التقلص والانكماش. 3- يقلل اثار التجفيف والحرق.

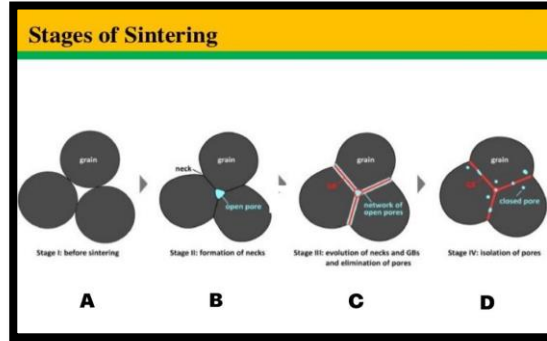
4- تقليل ضغوط التمدد والانكماش. 5- يزيد مقاومة الشكل الفخاري والصدمات الحرارية (Dickerson, 1986، صفحة 42)

كربونات الكالسيوم **Calisium Carbonate**: تكون على هيئة صخور جيرية Lime stone وتعد كربونات الكالسيوم من الصخور الرسوبية اللاعضوية واكثرها انتشارا وحين تكون المياه حاوية على مقادير كافية من كربونات الكالسيوم المذاب وبفعل عوامل التبخر يزداد تركيزها وتصل الى درجة الاشباع فتترسب كربونات الكالسيوم على هيئة معدن الكالسيت Calcite مكونة الصخور المعروفة بحجر الكلس فتوجد بنسبة كبيرة فهي تؤلف النسبة العظمى من الترب الجيرية ويبدأ تحليلها في درجة 850 م ويكتمل في 1050 م (M.H., 1984، صفحة 115)، فعند تعرضه لعمليات الضغط والحرارة فإن بلوراته يعاد تنظيمها ويصبح سطحه املس يتحول الى صخر جديد وهو الرخام (Marble) وهو من الصخور المتحول (Abdel-Majid, 1971، صفحة 76)، ان عملية تحلل الكربونات تكون مصحوبة بفقدان في الوزن مقداره (44%) من وزنها الكلي في التربة نتيجة تحرر غاز ثاني اوكسيد الكربون (CO2) (Baquer.T., 1973، صفحة 98) وينتج من تحلل كربونات الكالسيوم كذلك من تحلل المعادن الطينية ليكون بعض الاطوار البلورية وخاصة مع السيليكا مكونا سيليكات الكالسيوم اما تأثير وجودها فهو خفض لدونة الاطيان وتقليل الانكماش، لكن خشونة حبيبات كربونات الكالسيوم لها تأثير ضار في تشكيل الاجسام الطينية وخاصة على دولاب الخزاف فتسبب خدوشا او حروزا مما تعيق عملية تشكيلها وعدم انتظام حفر الخزاف والتصاميم الفنية (Faster, 1973, p. 138)، اذن التركيب الكيماوي للانواع النقية من الرخام تحتوي على (56%) من اوكسيد الكالسيوم و (44%) من CO2 ثاني اوكسيد الكربون ولكن غالبا ماتوجد بنسب متفاوتة من عناصر المنغنيز، الحديد، المغنسيوم حيث تحل جزئيا محل الكالسيوم ومن خواصه الحرارية انه مقاوم للانصهار اذ تبلغ درجة

حراررة انصهاره (2570 م) (Mahmoud، 1980، صفحة 148). ثالثاً: أنواع التلييد **Types of Sintering**:
التلييد هو شيء ما يتراصف ويتقلص، وسبب حدوثه هو ان الذرات على سطح المادة لها طاقة اعلى من تلك التي في كتلة المادة، فارتباطها بجهة واحدة مع باقي الذرات يجعلها غير متوازنة وبذلك تكون الطاقة السطحية للمسحوق اكبر وبعد الحرق تنخفض المساحة والطاقة السطحية بشكل كبير وهذا الانخفاض هو الطاقة الدافعة للتلييد، وهناك انواع من التلييد في الحالة الصلبة والنوع الثاني التلييد بوجود سائل فعال والنوع الثالث هو التلييد بالضغط والكبس الحار، ويمكن تعريف التلييد على انه (التفاعل بين الدقائق الصلبة المفردة للعنصر والذي يؤدي الى زيادة القوة والكثافة، ويقلل المسامية ويصغر المنتج قليلا عن طريق التسخين الى درجة حرارية اقل من نقطة الانصهار، ولهذه العملية اهمية كبيرة في صنع المواد السيراميكية) (pooper, 1960, p. 115)، فهو ترابط السطوح المتجاورة للدقائق في كتلة مسحوق نتيجة التأثير الحراري بمعنى انه (المعالجة الحرارية للمسحوق لغرض زيادة مقاومة الانضغاط) (Henry, 1979, p. 16)، وكذلك العمليات التي تحدث بين سطوح حبيبات المسحوق نتيجة التسخين التي تسبب التلاصق، وبهذا فإن التلييد هو العملية التي تزيد التماسك بين دقائق المسحوق غير المحروق او المعاد تلييده باستعمال درجة الحرارة العالية ولكن ليس اعلى من درجة انصهار المركب الرئيسي، ومن خلال عملية الحرق يمكن ان يحدث التفاعل بين الدقائق المتجاورة وبدون ظهور سائل، وفي الحقيقة فإن مثل هذه التفاعلات في الحالة الصلبة تكون اول خطوة نحو التكتيف وكمثال على ذلك هو عملية تلييد اوكسيد الالمنيوم النقي والتي تتم بحرقه عند درجة 1800 م وهي أقل من درجة الانصهار بحوالي 200 م وينتج بذلك جسم سيراميكي صلب عالي الكثافة وبدون ظهور يائل اطلاقاً (Roman, 1976, p. 98)، وكنتيجة للتلييد تصبح الدقائق اقل عددا واكبر حجما وتنخفض المسامية وفيها اذا تكون سائل ام لا فإننا نبدأ الحرق بمسحوق مرصوص ذو مسامية عالية وتنتهي بمسامية منخفضة او صفر تقريبا، ولأن عملية التكتيف تعتمد على التكتيف تعتمد على الاتصال بين الدقائق المتجاورة فكلما كانت الدقائق متقاربة اكثر كلما كانت التفاعلات المؤدية للتكتيف اسرع كما انه كلما كانت الدقائق ناعمة فإن مساحتها السطحية ستكون اكبر لكل وحدة وزن وبذلك سيكون احسن عند الحرق. (Rayan.W. 2., 1967, p. 74)

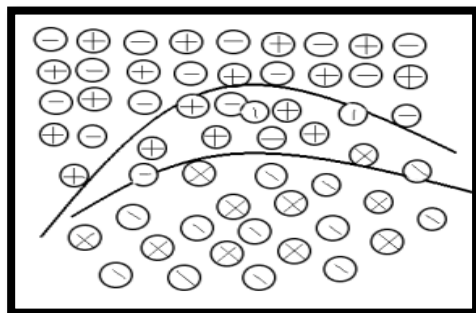
1- التلييد في الحالة الصلبة **Solid state sintering**: تعزى التغيرات التي تحدث خلال عملية الحرق الى التغيير في شكل وحجم الحبيبة الى التغيير في شكل الفراغات (المساحات) ولتغيير في حجم الفراغات حيث تؤدي الى تغيير في مسامية الجسم السيراميكي فيتحول من جسم مسامي الى جسم قوي كثيف، ويتألف الجسم السيراميكي قبل الحرق من مسحوق مكون من حبيبات مفردة تفصلها مسامية بحدود (25 – 60) % حجما اعتمادا على المادة المستعملة وطريقة التشكيل المتبعة، ولغرض زيادة بعض الخواص مثل المقاومة الميكانيكية، الشفافية والموصلية الحرارية، فإنه يفضل اختزال مسامية الجسم كلما امكن ذلك، ان هذه النتائج يستحصل عليها من خلال عملية الحرق بانتقال المادة من جزء الى اخر من التركيب (Kingery.W.D.H.K.Bowen, 1967, p. 121)، ويمكن توضيح التغيرات التي تحدث بالشكل (1) الذي يمثل ميكانيكية التلييد في الحالة الصلبة حيث تمثل مجموعة الكرات المنتظمة الموضحة بالمرحلة A دقائق المادة، عندما تسخن هذه الحبيبات يكون هناك اتحاد مع بعضها في نقاط الاتصال ويبدأ تكون الرقبة وكما في

المرحلة B وعندما يستمر التسخين تصبح المسامات مغلقة وكروية كما في المرحلة C ، وكل هذه التغيرات مصحوبة بتقلص حبيبي، ان المعالجات الأخرى تسبب صغر المسامات واختفاءها نهائيا كما في المرحلة D (Norton, 1974, p. 86).



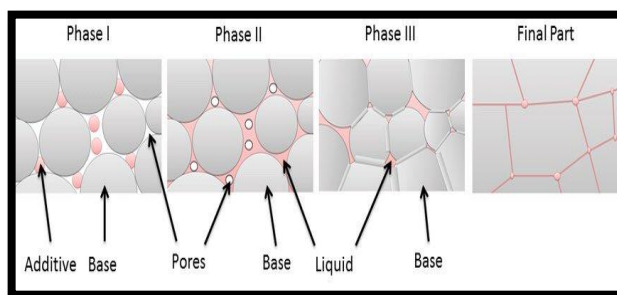
شكل (1) مراحل التلييد

ويكون التلييد مصحوبا بانتقال مادة، ومن خلال ذلك نلاحظ ان تلييد الاجسام احادية الطور يتم بثلاث مراحل، هي:- 1- المرحلة الابتدائية:- وتقاس على اساس التغيرات الهندسية التي تحدث بين الكرات المتلامسة، مع الاخذ بنظر الاعتبار مختلف اشكال انتقال المادة التي تشمل الانتشار السطحي، الانتشار الحدودي، الانتشار الشبكي، التبخير والتكثيف والجريان اللزج للادن، اضافة الى ذلك يؤخذ بنظر الاعتبار مصدر المادة فعندما تكون حدود الحبيبة هي المصدر يحدث التقلص بينما اذا كان سطح الحبيبة هو المصدر يحدث نمو الرقبة، 2- المرحلة الوسطية:- حدد (coble) هذه المرحلة بأنها المرحلة التي لا يتغير فيها شكل الفراغ وانما يتطور التركيب بتقلص الفراغات والنمو الحبيبي، 3- الانتقال للمرحلة الاخيرة:- لاحظ (Livey) ان التطور من طور الفراغات المستمر الى طور الفراغات غير المستمر يحدث تدريجيا خلاله زيادة الكثافة الكلية من (85 – 95) %، 4- المرحلة النهائية:- وهي مرحلة الانتقال من المسامية المستمرة الى المسامية غير المستمرة وتقلص الجسم (Richard, 1968, p. 117) ان المرحلة الابتدائية في التلييد تكون مصحوبة بنمو الرقبة (Neck) بين الدقائق المتجاورة ونمو الرقبة هذا هو خاصية ميكانيكية انتقال المادة، ان القوة الدافعة لعملية التكثيف (Driving Force for densification) هي اختزال الطاقة الحرة السطحية المصحوبة باختزال المساحة السطحية للمسحوق بسبب اختزال السطح البيني للصلب - بخار (Segal, 1989, p. 97) وهذا يحدث اعتياديا في نفس الوقت مع تكوين السطح البيني للصلب - صلب الجديد ذو الطاقة الاقل، وفي المقياس المجهرى يكون انتقال المادة متأثرا بفرق الضغط والتغيرات في الطاقة الحرة عبر السطح المنحني هذه التغيرات سببها الطاقة السطحية (Segal, 1989, p. 98)، ان ايسط تغير في التركيب المجهرى هو النمو الحبيبي في المواد ذات الطور الواحد، وباختصار تكون القوة الدافعة هي اختزال الطاقة حيث تتحرك ذرة او ايون على طول الحدود من الحبيبة ذات السطح المحدب الى الحبيبة ذات السطح المقعر وكما موضح بالشكل (2) حيث يتحرك الحد باتجاه مركز الانحناء ويقلل طاقته الكلية (Richard, 1968, p. 118).



شكل (2) حركة الحدود باتجاه مركز الانحناء

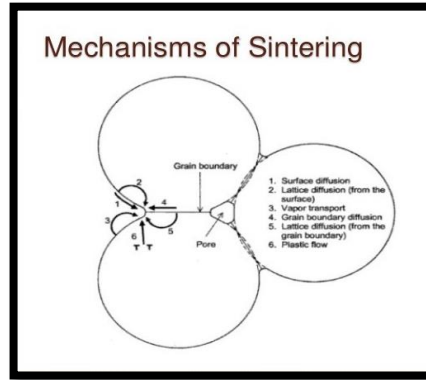
ان فرق الضغط البخاري على السطح البيني المنحني من التبخر من سطح الدقائق والتكثيف على الرقبة بين الدقائق المتجاورة وخصوصا للدقائق ذات الاقطار التي لاتتجاوز بضعة مايكرومترات او اقل (Budnikov.P.P., 1967, p. 65)، ان هذه التغيرات سببها الطاقة السطحية، اما اذا كان قطر الحبيبة صغير وتبعاً لذلك قطر الانحناء فإن هذه التغيرات ربما تكون مقدار اساسي وتصبح اكبر عندما يكون قطر الانحناء اقل من بضعة مايكرومترات، وهذا هو احد الاسباب الكبيرة التي تقاس علمها تكنولوجيا السيراميك حيث تعتمد على استعمال المواد الناعمة الدقائق، وبالرغم من ان عملية التبخير - التكثيف هذه تنتج تغيرات في شكل الفراغ وترتبط الدقائق معا فإن المساحة بين المركز الى المركز بين الدقائق تبقى ثابتة ولذلك لايحدث التقلص والتكثيف وان التركيب المجهري المثالي موضح في الشكل (3) (Segal., 1989, p. 99).



شكل (3) التركيب المجهري المثالي

وبما ان القوة الدافعة هي نفسها (القوة السطحية) في كل الانظمة، كأن الفروقات في التصرفات في مختلف انواع الانظمة يجب ان تعزى الى ميكانيكيات مختلفة لانتقال المادة مثل التبخير والتكثيف (Evaporation and condensation)، الجريان اللزج (Viscous flow)، الانتشار السطحي (Surface diffusion)، الانتشار عبر حدود الحبيبة (Grain boundary diffusion) والتشوه اللدن (Plastic deformation) (Kingery.W.D.H.K.Bowen, 1967, p. 125)، ان مايحدث من عمليات في الحالة الصلبة (Solid state processes) هو ان الفرق في الطاقة الحرة او الجهد الكيميائي بين مساحة الرقبة وسطح الحبيبة يعطي قوة دافعة تسبب انتقال المادة باسرع وسيلة ممكنة، ويمكن ان تتحرك المادة من سطح الحبيبة او كتلة الحبيبة

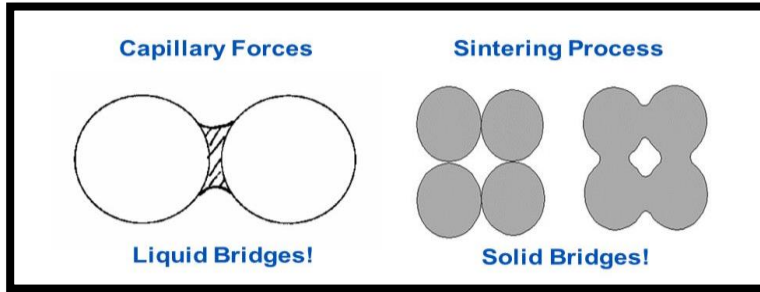
(Grain bulk) او من حدود الحبيبات بين الدقائق بالانتشار على السطح او الانتشار على حدود الحبيبة، ان عملية واحدة او اكثر من هذه العمليات تساهم في عملية التلييد في نظام معين معتمدة على معدلاتها النسبية، لان كل واحدة منها هو طريقة لتقليل الطاقة الحرة للنظام، وهناك فرق مهم بين مسارات انتقال هذه المادة، فمثلا انتقال المادة من السطح الى الرقبة بالانتشار السطحي (Surface diffusion) او الانتشار الشبكي (Lattice diffusion) لايسمح لأي نقصان في المسافة بين المراكز للحبيبات، لذا فإن هذه العمليات لاتسبب تقلصا للمسحوق ونقصان المسامية، بينما انتقال المادة من كتلة الحبيبة او من حدود الحبيبات بين الدقائق فقط بسبب التقلص ويخفض المسامية (Kingery.W.D.H.K.Bowen, 1967, p. 126)، ويتم انتقال المادة خلال التبخير والتكثيف بسبب اختلاف انحناء السطح الذي يسبب تغير في الضغط البخاري في اجزاء مختلفة من النظام، ويكون انتقال المادة بهذه الطريقة مهما في بعض الانظمة فقط، وعلى اية حال فهي اسهل عملية تلييد يمكن التعامل معها والشكل (4) يبين المسحوق في بداية تليده وتركيزه في التقاطع بين حبيبتين متجاورتين.



شكل (4) مسارات انتقال المادة خلال المراحل الابتدائية للتلييد

2- التلييد بوجود سائل فعال **Sintering with a reactive liquid**: وهو عملية اخرى مختلفة تؤدي الى زيادة الكثافة وتظهر حالتين اساسيتين الاولى هي التلييد بوجود كميات قليلة من الطور السائل والذي لايرطب او يرطب قليلا الحبيبات الصلبة ولايذيبها، اما الثانية فهي التلييد بوجود سائل يرطب الحبيبات بسهولة ويذيبها ايضا ففي الحالة الاولى يكون الطور السائل هو الطور غير المستمر وعلى هيئة قطرات معزولة في شبكة الصلب المستمر، وتحدث تغيرات مهمة بسبب وجود كميات كبيرة من الطور السائل بحد ادنى يرطب الحبيبات خاصة عندما تكون قادرة على اذابة كميات كبيرة من الطور الصلب، وهذه الحالة هي الأعم في السيراميك، ان التلييد بوجود طور سائل يشابه التلييد في الحالة الصلبة ويقسم الى مرحلتين متداخلتين هما مرحلة اعادة ترتيب الذرات ومرحلة اختزال المسامات (Roman, 1976, p. 56)، ان كلا من القوة الدافعة وميكانيكية مرحلة اعادة الترتيب في التلييد بوجود طور سائل تشابه المرحلتين المتماثلتين في التلييد في الحالة الصلبة ماعدا انه في مساحة الرقبة عند حدود الحبيبات تحدث طبقة رقيقة من الطور السائل بدلا من الطبقة الصلبة والجزء المهم من عملية التلييد هذه هو اعادة ترسيب الصلب لتعطي زيادة

في حجم الحبيبة وزيادة الكثافة، هذا النوع من العمليات يحدث في انظمة السرمتمس (Cermet's) • (Felix, 1971, p. 84) مثل الكاربيدات المترابطة وكذلك في انظمة الاكاسيسيد عندما يكون الطور السائل هو مانع فعال، مثل اوكسيد المغنيسيوم مع وجود كمية قليلة من طور سائل اوكسيد اليورانيوم (UO₂) مع سيليكات كمواد رابطة ولزيادة الكثافة فإنه من الضروري ان تمتلك :-1- كمية معقولة من طور سائل 2- اذابة معقولة للصلب في السائل 3- ترطيب الصلب بالسائل ، ونلاحظ حدوث ظاهرتين معا هما:- 1- نمو مساحة الاتصال بين الدقائق المتلامسة والتي تدعى بالرقبة وفي نفس الوقت تصبح المسامات مستدير، 2- يصبح المسحوق المفكك اكثر كثافة أي ان حجم الفراغات يقل ومعدل المسافة بين مراكز الدقائق يزداد، ويعتبر كاربيد التنكستن مع الكوبالت مثالا على انظمة المعادن المثالية بينما يعتبر البورسلين مثالا على السيراميك لهذا النوع من التلييد (Kingery.W.D.H.K.Bowen, 1967, p. 126)، ان اهم القوى الدافعة للتلييد هي قوى الشد السطحي التي تزيد مساحة الرقبة وزيادة كروية الفراغات وتقلصها وزيادة الكثافة وهي ليست الوحيدة التي تسبب التغيرات في الشكل الهندسي للفراغات فالدراسات الحديثة اظهرت ان قوى الجاذبية العمودي اكبر من التقلص في الاتجاه الافقي (Lenal, 1964, p.68) ان القوة الدافعة للتكثيف مشتقة من الضغط الشعري للطور السائل الواقع بين الدقائق الصلبة الناعمة، كما في الشكل (5)، عندما يربط الطور السائل الدقائق الصلبة فإن كل فراغ بين الدقائق يصبح شعريا (Capillary) ويعطي ضغط شعري اساسي وهذا الضغط يسبب التكثيف (Kingery.W.D.H.K.Bowen, 1967, p. 127).



شكل (5) قطرة سائل بين كرتين صلبتين تسلط ضغطا لجذبهما

3- التلييد بالضغط والكبس الحار Pressure sintering and hot pressing: الكبس الحار يشابه التلييد فيما عدا انه يستعمل ضغط للنموذج عند تسخينه في الفرن وهذا مايسبب تكثيف سريع وكثافات اعلى، وتستخدم هذه التقنية خاصة لانتاج نماذج حبيبية ناعمة ويتطلب حرارة وزمن لاتمام عملية التكثيف ولكن مقدارها الاساسي يكون اقل من تلك المستعملة في التلييد (pooper, 1960, p. 116)، ان فائدة الكبس الحار كتقنية تصنيع هو انه يعجل ميكانيكية التكثيف اما مضارها فهي انها لاطريقة مكلفة ومحدودة الاستخدام لتشكيل اجسام ذات اشكال بسيطة (Al-Ramadan, 1987، صفحة 110)، ان عمليات التلييد السابقة تعتمد على الضغط الشعري الناتج عن الطاقة السطحية والذي يسبب القوة الدافعة للتكثيف

• السرمتمس: هي مواد تحتوي على سيراميك وعناصر فلزية.

وهناك طريقة اخرى هي تسليط ضغط خارجي وهذه الطريقة مرغوبة لانها لا تحتاج الى دقائق ناعمة جدا، كذلك تزيل المسامات الكبيرة التي يسببها الخلط غير المتجانس، ولها فائدة اخرى وهي انه في بعض الحالات يمكن الحصول على التكتيف بدرجات حرارة لا يحدث فيها نمو حبيبي شامل او اعادة بلورة ثانية ولان الخواص الميكانيكية للكثير من الانظمة السيراميكية يمكن زيادتها بالكثافة العالية والحجم الحبيبي الصغير فإنه يمكن الحصول على الخواص المثلى باستعمال تقنية الضغط الحار (Kingery.W.D.H.K.Bowen, 1967, p. 128)، وفي بعض الحالات يكون من الضروري تشكيل اجسام غير مسامية لأكاسيد عالية النقاوة حيث لا تستخدم العوامل المساعدة على التلييد، وباستعمال درجة حرارة معتدلة وضغط عالي يحصل نمو حبيبي سريع ويجري الضغط عادة في قوالب من الكرافيت وتحت ضغط عالي وحرارة (1100 – 1400) م (Norton., 1974, p. 89)، ان التلييد بالضغط للاكاسيد بدرجات حرارة عالية ومعتدلة يسمح بتصنيع نماذج ذات كثافة عالية وحبيبات ناعمة مع خواص ميكانيكية مثلى ومسامية منخفضة كافية للحصول على نماذج شفافة، ان المضار الرئيسية للضغط الحار هي عدم توفر قوالب رخيصة معمرة في درجات الحرارة العالية وصعوبة اجراء العملية اوتوماتيكيا لانجاز الانتاج بسرعة عالية وهذه العملية مكلفة جد (Lenal.F.V., 1964, p. 90).

المبحث الثالث / اجراءات البحث

تهيئة المواد الاولية / تم تهيئة المواد المستخدمة في هذا البحث والمتمثلة بالكاؤولين $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ وكربونات الصوديوم Na_2CO_3 وكمية من الكروك مع السليكا SiO_2 والمادة الاخيرة هي فلديسبار بوتاس $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ وتم الحصول على اغلب المواد بالتعاون مع كلية الفنون الجميلة من قسم الفنون التشكيلية فرع الخزف، وبالنسبة للمواد (كربونات الصوديوم، السليكا، الكاؤولين، فلديسبار بوتاس) فهي مهيئة للاستخدام ومطحونة، اما الكروك فكان غير مطحون لذا كان من الضروري جيدا حتى وصل الى حجم حبيبي ناعم مثل بقية المواد.

فحص المواد الاولية/ هناك فحوصات يجب اجراؤها حسب الامكانيات بالمتوفرة للتعرف اكثر على خواص المواد الاولية المستخدمة، اهمًا:- 1- التحليل الكيميائي: وهو فحص المواد كيميائيا للتعرف اكثر على المواد والاكاسيد الداخلة في الاطيان لمعرفة خواص كل مادة وكم يجب ان تكون نسبتها في الخلطة. 2- التركيب المعدني: ان احد اساليب التعرف على خواص المواد الاولية المستخدمة في اي بحث هو معرفة المكونات المعدنية الموجودة بها، ويتم ذلك عن طريق الفحص بالاشعة السينية الحيودية (XRD) لمعرفة التركيب المعدني لأي مادة. 3- فحص المجهر الحراري: يستعمل المجهر الحراري لمراقبة ما يحصل للمادة اثناء الحرق في درجات الحرارة العالية وذلك بمراقبة التغيرات التي تحدث لها من عدد وتقلص او تشوه فهذا الجهاز يعطي درجة الحرارة التي تبدأ بها عملية التلييد والتي يبدأ بها الجسم في الانصهار وبالتالي يمكن معرفة درجات حرارة الحرق النهائية.

تحضير الخلطات:- بعد تهيئة المواد الاولية والتعرف على خواصها ونسب العناصر الموجودة بها، تم اعداد الخلطات، وقد وضعت الباحثة فرضيات اربعة على شكل اسئلة لتحقيق هدف البحث. فرضية رقم (1) ماذا ينتج للمواد المخلوطة والمتكونة من السيليكا والكروك وكاربونات الصوديوم والكاؤولين تحت درجة حرارة 900 م° وضغط 250 كغم / سم². فرضية رقم (2) ماذا ينتج للمواد المخلطة والمتكونة من السيليكا والكروك وكاربونات الصوديوم والكاؤولين تحت حرارة 1050 م° وضغط 250 كغم / سم². فرضية رقم (3) ماذا ينتج للمواد المخلوطة والمتكونة من السيليكا والكروك والفلدسبار والكاؤولين تحت درجة حرارة 900 م° وضغط 250 كغم / سم². فرضية رقم (4) ماذا ينتج للمواد المخلوطة والمتكونة من السيليكا والكروك والفلدسبار والكاؤولين تحت درجة حرارة 1050 م° وضغط 250 كغم / سم²، وقد تم تحضير وزن 500 غرام من كل خلطة والجدول رقم (3) يوضح الخلطات والنسب المئوية للمواد.

المواد الاولية					رقم الخلطة
Kaolin	Na ₂ CO ₃	Groge	Silica	Feldespare	
80	5	5	10	-	1
75	10	5	10	-	2
80	-	5	5	10	3
75	-	5	5	15	4

جدول (3) النسب المئوية للخلطات

اعداد النماذج المختبرية: بعد وزن المواد واعداد الخلطات يتم اعداد النماذج المختبرية بالطريقة الاتية:-
 1- خلط المواد: تم خلط المواد وهي جافة لمدة (10) دقائق حتى تجانست ثم اضافة الماء بكميات مناسبة، بعد ذلك تمت عملية الخلط والدعك باليد داخل إناء بلاستيكي لتفتيت الحبيبات الكبيرة لمدة لا تقل عن ربع ساعة حتى تجانست المواد مع بعضها ومع الماء وتم وضع الخلطة لعملية الغريلة باستخدام غربال (40 mesh)، بعد ذلك وضعت الخلطة التي اخضعت للغريلة في كيس بلاستيك الذي تم غلقه غلق تام وتترك لمدة (24) ساعة كي تتجانس نسبة الرطوبة في كل جزئيات الخلطة. 2- تشكيل النماذج المختبرية: بعد تجانس الخلطات تم تشكيلها بطريقة الكبس شبه الجاف حيث تشكل نماذج مختبرية من كل خلطة بابعاد (Cm4x8) لكل العينات. 3- عملية التجفيف: يتم ترك النماذج في درجة حرارة الغرفة لمدة (48) ساعة حتى تجف العينات من الماء وتتماسك ليسهل نقلها، بعد ذلك يتم نقل العينات وتوضع في مجفف (Oven) لمدة (24) ساعة بدرجة حرارة (120) وذلك للتخلص تماما من ماء الرطوبة الموجود في النماذج. 4- عملية الحرق: بعد عملية التجفيف اصبحت العينات جاهزة تماما لعملية الحرق والتي تكون درجة حرارة الحرق (900 – 1050) درجة مئوية وفق برنامج الحرق الموضوع في خطة البحث.

تحديد الخواص العامة للنماذج: تم اجراء بعض التجارب حسب الامكانيات المتاحة لتحديد خواص النماذج بعد عملية الحرق:1- حساب التقلص الطولي: تم احتساب التقلص الطولي للنماذج المحروقة

باستخدام القانون الاتي:- النسبة المئوية للتقلص الطولي = $100 \times \frac{1_{ل-ل}}{ل}$ ل = الطول قبل الحرق

ل1 = الطول بعد الحرق

2- امتصاص الماء: يتم وزن النماذج وهي جافة تماما ثم يتم وضعها في الماء لمدة (24) ساعة ثم يتم تسخين الماء والنماذج مغمورة به لمدة ساعتين حتى يتم التخلص من الهواء واحلال الماء مكانه، بعد ذلك يتم اخراج النماذج من الماء ومسح سطوحها بقطعة قماش رطبة للتخلص من الماء الزائد، يتم وزن النماذج وهي مشبعة بالماء وبعد ذلك يتم احتساب النسبة المئوية لامتصاص الماء باستخدام القانون الاتي:- النسبة

المئوية لامتصاص الماء = $100 \times \frac{1_{و-و}}{1_{و}}$ و = وزن النموذج وهو مشبع بالماء (رطب) و1 = وزن

النموذج وهو جاف

3- المساحة الظاهرية: يتم حسابها بنفس الازران التي يتم الحصول عليها من امتصاص الماء بالاضافة الى وزن النماذج وهي مغمورة في الماء (معلقة) وبعد ذلك يتم احتساب المسامية من القانون الاتي: النسبة

المئوية للمسامية = $100 \times \frac{1_{و-و}}{2_{و-و}}$ و = وزن النموذج المشبع بالماء (رطب) و1 = وزن النموذج وهو جاف

و2 = وزن النموذج مغمور بالماء

العينة	التقلص الطولي	المسامية الظاهرية %	امتصاص الماء %	المظهر واللون	
				التشقق	الاعوجاج
A1	2.5	20.6	17.2	لا يوجد	لا يوجد
B1	3.7	12.1	18.8	لا يوجد	لا يوجد بسيط
C1	1.3	20.6	18.3	لا يوجد	لا يوجد
D1	2.5	21.2	19.3	لا يوجد	لا يوجد
E1	2.5	19.5	18.9	لا يوجد	لا يوجد
F1	3.7	20.13	19.2	لا يوجد بسيط	لا يوجد

جدول (4) النتائج المختبرية للعينات المحروقة بدرجة حرارة 900 درجة مئوية

العينة	التقلص الطولي	المسامية الظاهرية %	امتصاص الماء %	المظهر واللون	
				التشقق	الأعوجاج
A2	3.7	20.32	15.1	لا يوجد	لا يوجد
B2	2.5	20.5	16.4	لا يوجد	لا يوجد
C2	2.5	21.7	16.9	لا يوجد	لا يوجد
D2	3.7	18.42	17.88	لا يوجد	لا يوجد
E2	3.7	20.12	18.2	لا يوجد	لا يوجد
F2	2.5	19.61	18.7	لا يوجد	لا يوجد

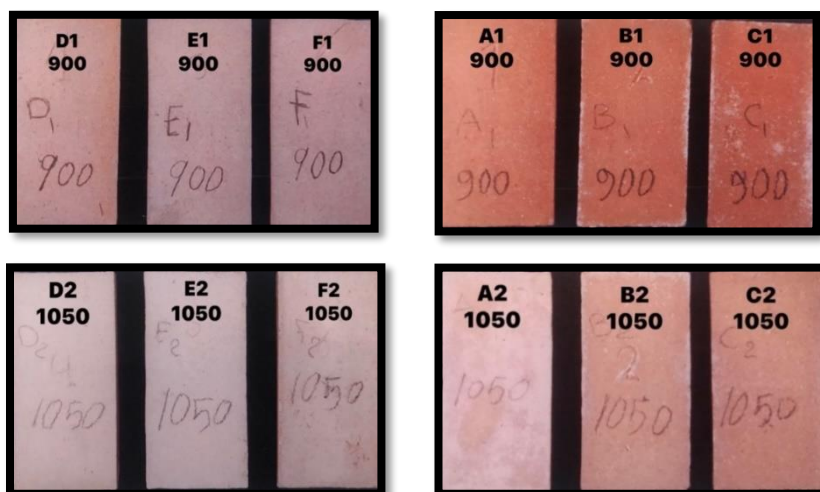
جدول (5) النتائج المختبرية للعينات المحروقة بدرجة حرارة 1050 درجة مئوية

المبحث الرابع / النتائج والمناقشة والتوصيات والمقترحات

من خلال نتائج الفحوصات المختبرية التي اجريت للعينات والموضحة من خلال الجداول (4,5) يمكننا ملاحظة الاتي:- 1- التقلص الطولي: نلاحظ ان هناك تباين بسيط في النسبة المئوية للتقلص الطولي للعينات فنلاحظ ان نسبة التقلص متساوية بين لعينة (A1)،(D1)،(E1) في درجة حرارة (900) مئوية على الرغم من اختلاف كميات مكونات كل عينة، ففي العينة (A1) نلاحظ زيادة نسبة الكاؤولين والسيليكا وخفض نسبة كاربونات الصوديوم والكروك ووجودهما بكميات متساوية في نفس العينة اما العينات (D1)،(E1) فانهما تفتقدان الى كاربونات الصوديوم ولكن يوجد الفلدسبار في هاتين العينتين ومن خلال ذلك نرى ان التقلص يزداد بقله نسبة السيليكا وزيادة الفلدسبار ونلاحظ هذا الامر في العينات (B2)،(C2)،(F2) والتي حرقت بدرجة حرارة (1050) مئوية، ونلاحظ ايضا ان نسبة التقلص في زيادة في العينات (B1)،(F1) المحروقة بدرجة حرارة (900) مئوية كما في العينات (A2)،(D2)،(E2) المحروقة بدرجة حرارة (1050) مئوية والتي تختلف مكونات كل عينة عن الاخرى فنلاحظ في كل العينات ان نسبة الكاؤولين متساوية تقريبا لكن الاختلاف زيادة نسبة السيليكا على الكروك وكاربونات الصوديوم اما العينة (A2) فتكون من نفس الكمية من المواد لكن حرقت بدرجة حرارة مختلفة وهذا ينطبق على جميع العينات، كما في العينة (B1,B2) التي تزداد فيها نسبة كاربونات الصوديوم والسيليكا اما العينة (C1,C2) فنلاحظ زيادة نسبة كاربونات الصوديوم والكروك اما العينة (D1,D2) فنلاحظ الاستغناء عن كاربونات الصوديوم والتعويض عنها بمادة الفلدسبار والذي اضيف بكمية اكثر كما في العينة (E1,E2) اما العينة (F1,F2) فقد تساوت نسبة الفلدسبار والسيليكا والكروك، كما نلاحظ ان نسبة التقلص تزداد بزيادة درجات الحرارة نستنتج من ذلك ان العينات التي ترتفع فيها نسبة الفلدسبار يزداد فيها التقلص اضافة الى درجات الحرارة التي يزداد فيها نسبة التقلص كلما ارتفعت درجات الحرارة، اذن افضل نسبة للتقلص في العينات هي الموجودة في العينة (C1) في درجة حرارة (900) لاحتوائها على نسبة من السيليكا وكاربونات الصوديوم حيث بلغت (103). 2-

المسامية الظاهرية: من خلال النتائج نلاحظ ان العينة (D2) اقل مسامية من نماذج العينات الاخرى لزيادة نسبة الفلدسبار فبالتالي سيكون الفلدسبار هو المؤثر في عملية نقص المسامات، ومن خلال التجارب المختبرية نلاحظ ان اقل نسبة للمسامية الظاهرية توجد في العينات (D1)،(E1)،(F1) بدرجة حرارة (1050) مئوية، واعلى نسبة للمسامية توجد في العينات (A1,A2)،(B1,B2)،(C1,C2) وهذا يعتمد على تكوين العينات حيث تزداد فيها نسبة السيليكا فتزداد المسامية كلما زادت كمية السيليكا كما في العينات (B1,B2) وبالتالي ان المسامية اكثر في العينة التي تحتوي في تركيبها على نسبة من السيليكا، نستنتج ان التغير في المسامية يعتمد على التغير في نسبة السيليكا والفلدسبار كعاملين مهمين في زيادة او قلة المسامات وبالتالي نلاحظ ان الفرق كبير في نسبة المسامية اذا ما كان الفلدسبار هو المتغير وبالتالي يكون العامل الاساسي في انخفاض نسبة المسامات وعملية التلييد. 3- امتصاص الماء: لاختلاف العوامل التي تؤثر في امتصاص الماء عن العوامل التي تؤثر في المسامية حيث انها واحدة تقريبا فزيادة نسبة المسامات تزيد في امتصاص الجسم للماء. 4- المظهر واللون: بملاحظة المظهر الخارجي لجميع العينات نلاحظ ان العينات (A1,B1,C1) اكتسبت لون كبريتي يميل الى اللون الاحمر لحرقتها بدرجة حرارة (900) مئوية اما العينات (A2,B2,C2) فقد اكتسبت لون افتح مكان لونها كبريتي داكن لارتفاع درجة الحرارة الى (1050) مئوية اضافة الى وجود كمية من كاربونات الصوديوم كمادة صاهرة، اما في العينة (D1) في درجة حرارة (900) مئوية اكتسبت لون كبريتي داكن قليلا اما العينة (D2) في درجة حرارة (900) فقد اكتسبت نفس اللون الكبريتي الفاتح مائل للوردي كما في العينة (E2) في درجة حرارة (1050) مئوية فقد اكتسبت نفس اللون، اما العينة (F1) في درجة حرارة (900) فكان لونها كبريتي محمر نفس نتيجة العينة (F2) في درجة حرارة (1050) مئوية وهذا الاختلاف في الالوان يعود الى اختلاف درجات انصهار المواد المكونة للعينات واختلاف درجات الحرارة الذي يعطي نتائج مختلفة، اما عملية التشقق فترجع الى عدة اسباب وهي معدل الحرق ومعدل التبريد اللذين لا بد ان يسمحان بخروج جميع الغازات الناتجة وان يسمحان ايضا للتحويل الحجمي في النموذج، وبمراجعة النتائج نلاحظ ان جميع العينات كانت خالية من التشققات ماعدا العينتين (F1) في درجة حرارة (1050) مئوية اللتان احتوتا على تشقق بشكل بسيط جدا وهذا يرجح الى ان زيادة الفلدسبار ونقص السيليكا يزيدان من احتمال تشقق لجسم لان التغير في الحجم والطول ينتج عنه بعض التشققات كما نلاحظ اعوجاج في ابعاد النماذج خاصة في العينات (B1)،(C1) في درجة حرارة (900) والعينات (B3)،(C2) في درجة حرارة (1050) مئوية وهذا الاعوجاج يعود الى عدم وجود الفلدسبار الذي يقلل من الاعوجاج والتشوه.

التوصيات: 1- عمل فحوصات قبل الحرق على العينات بواسطة المجهر الحراري. 2- اضافة مواد اخرى لتحسين خواص النماذج. 3- الحرق بمعدل زمن بطيء جدا حتى لا يحدث تشوهات في النموذج. المقترحات: 1- دراسة تأثير جو الحرق على عملية التلييد. 2- دراسة انواع التلييد الاخرى بوجود طور سائل. 3- دراسة تأثير التلييد على الخواص الكيميائية والحرارية للمواد السيراميكية. 4- دراسة انتقال الكتلة في عملية التلييد. 5- توفير مصادر التي تختص بدراسة عملية التلييد.



صور العينات

References:

1. A.I, J. f. (1942). *fundamental study of clay casting as Base Exchange phenomenon*. cream: j.am.
2. Abdul Rahman L. (1984) .*a progress study on Kaolin clays*. baghdad: General Organization for Minerals, Technical Department.
3. Al-Basli .A.M. and d. Muzaffar Muhammad Mahmoud .(1980) .*Minerals and Rocks* . iraq: Kutub Foundation for Printing and Publishing, University of Mosul.
4. Al-Hadithi .A. and Khairia Al-Ramadan .(1987) .*Making clay bricks from saline soils* . Women Research Journal, Volume 6, Issue 1.
5. Al-Kass. R.M..hadi M.H .(1984) .*effect of fine calcite grains resent in the sol on the properties of clay brick* .j. building research, vol, (3), no. (2), nov. .
6. Al-Zakhmi .M and Dr. Moftah Al-Shaibani .(1995) .*Ceramic Technology* .Tripoli: Tripoli Public Scientific Library.
7. bales. (n.d.).
8. Baqer.T .(1973) .*Introduction to the History of Ancient Civilizations* .Part 1, Dar Al-Bayan.

9. Budnikov.P.P. (1967). *the technology of ceramic and refractories*. Cambridge: M.I.T press.
10. charles, c. (1974). *pottery workshop*. new york.
11. e., B. c. (1940). *handmade repressed fire brick*. ceramic sos.
12. Faster, H. (1973). *Glazes for craft pottery*. london.
13. Felix, s. (1971). *industrial ceramic*. german: printed by photo lithography.
14. H.a.Taie Hamid .(1977) .*manufacture of fire clay bricks (chamotte (form local materials* .baghdad: research center.
15. Hammer.F. (1975). *The potters dictionary of materials and techniques pitman*. london.
16. Heary, C. F. (1969). *clay technology*. London great britin : 2nd edition, Academic press.
17. Henry, h. (1979). *discussion on the definition of the term sintering*. amsterdam: Elsevier scientific publishing comp.
18. j. Dickerson .(1986) .*Ceramics Industry* .baghdad: Ministry of Culture and Information, House of General Cultural Affairs.
19. John A.I. and F.H., n. (1942). *Fundamental study of clay casting as base exchange phenomenon*. nekton: J.am.Ceramic soc., Vol (25), no (50).
20. Kingery.W.D.H.K.Bowen. (1967). *Uhland introduction to ceramics*. new york: john Wiley and sons, inc.
21. Lenal.F.V. (1964). *sintering of metal powders*. new york: fundamental phenomenon the material science, Vol. (1), plenum press.
22. Liu .o . Saadi Faidi .(1981) .*Mesopotamia* .baghdad: Dar Al-Rashid.
23. Marzuq.A.A .(1964) .*Pottery and its Decoration* .baghdad, iraq: Sumer Magazine, Part1.
24. Norton, F. (1974). *Elements of ceramics*. United states of America: 2nd edition Addison Wesley publishing company, Inc.
25. Norton., F. (1974). *elements of ceramic*. United states of America: 2nd edition, Addison wesely publishing company.
26. Paul .R, f. (1988). *ceramic an introduction to the technology of pottery*. oxford: 2nd edition, Pergamum press.

27. pooper, p. (1960). *Special ceramic proceedings of symposium*. london: Heywood and company.
28. Rayan.W. (1967).
29. Rayan.W., 2. (1967). *properties of ceramic rom materials*. new york: john wily and sons, inc.
30. Reid.h. (1968) .*the meaning of art*. egypt: house of general cultural affairs.
31. Richard, f. (1968). *ceramic micro structures*. new york: 3rd edition, breekely international material conference.
32. Roman, P. (1976). *ceramic materials an introduction to their properties*. Elsevier scientific publishing comp.
33. Segal., D. (1989). *chemical synthesis of advanced ceramic materials* . great Britain: Cambridge university press.
34. waya.b.e. (1964). *Dry pressing, bright*. cream: sos no 31.
35. Y.F. Abdel-Majid .(1971) .*Geography of the Surface* .beirut: Al-Nahda Al-Arabiya for Printing and Publishing.
36. Addison wesely publishing company, Inc.The effect of forming methods on sintering ceramic materials

DOI: <https://doi.org/10.35560/jcofarts99/215-234>

Effect of formation Methods on Sintering Process of Ceramic Materials

hadeel salman saeed¹

Al-Academy Journal Issue 99 - year 2021
Date of receipt: 13/10/2020.....Date of acceptance: 25/11/2020.....Date of publication: 15/3/2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Abstract:

The current research is concerned with methods of formation and their effect on the sintering process of ceramic materials. The research is divided into a number of chapters. The first chapter addressed the research structure (the research problem, importance, objective, limits, and it also defined the terms used in the research). The second chapter addressed the theoretical framework, where the theoretical framework has been divided into three sections. The first section dealt with methods of formation of ceramic materials including: Plasticizing method 2- semi-dry pressing method 3- dry pressing method 4- extrusion method 5- casting method.

The researcher found that there is a clear difference between the methods through her formation of tables and as it is clear in the research body. As for the second section, it addressed studying the raw ceramic materials that the researcher has classified into: 1- plastic raw materials 2- non-plastic raw materials. In the third section, the researcher addressed types and divisions of sintering: First: sintering in the solid state and its stages. Second: sintering with the presence of an effective liquid. Third: sintering by pressing and hot compression.

The third chapter consists of the research procedures that addressed 1- preparing the raw material. 2- Examination of the raw material through a- chemical analysis b- metal composition c- thermal microscope examination. 3- Preparing the mixtures where four hypotheses have been put and in every hypothesis, the researcher dealt with what results from mixing the materials (Silica, crock, sodium carbonate, and kaolin under various temperatures and pressure). 4- preparing the laboratory models in which the researcher tackled 1- mixing the materials 2- forming the laboratory models 3- drying process 4-burning process 5- determining the general features for the models. The researcher has conducted some experiments to determine the features of the models after the burning process according to the following: Calculating the longitudinal contraction b- water suction c-virtual space. The fourth chapter addressed and discussed the research results. The researcher reached at the results through conducting the laboratory examinations for the samples within tables (4, 5) affixed in the research. The recommendations and suggestions put forth by the researcher to complete the scientific approach for the research are as follows: 1- not to start the research before finding the oven. 2- Conducting examinations using a thermal microscope before burning 3- burning at a slow timing rate to prevent the occurrence of distortions.

Key words:1- forming 2- sintering 3- kaolin

¹ Middle Technical University / Institute of Applied Art, hadeelsssss@yahoo.com .